

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 216 770 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
26.06.2002 Patentblatt 2002/26

(51) Int Cl.7: B22C 7/02

(21) Anmeldenummer: 01128578.0

(22) Anmeldetag: 30.11.2001

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• Beeck, Alexander, Dr.
Orlando, Florida 32828 (US)
• Nagler, Christoph
8032 Zürich (CH)

(30) Priorität: 22.12.2000 DE 10064268

(74) Vertreter: Liebe, Rainer et al
ALSTOM (Switzerland)Ltd
CHSP Intellectual Property
Haselstrasse 16/699/5.0G
5401 Baden (CH)

(71) Anmelder: ALSTOM Power N.V.
1101 CS Amsterdam (NL)

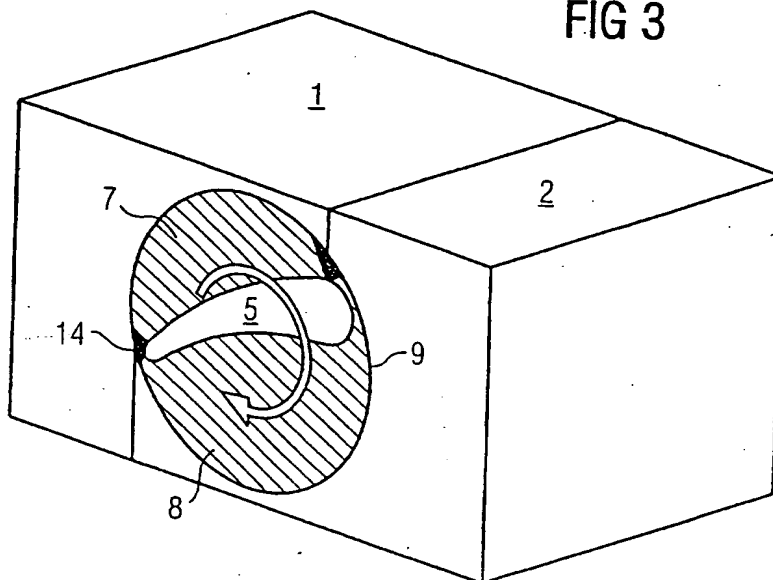
(54) **Werkzeug und Verfahren zum Giessen eines Formteils für die Herstellung einer Turbinenschaufel**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Werkzeug zum Gießen eines Formteils für die Herstellung einer Turbinenschaufel (10) mit mehreren Werkzeugblöcken (1, 2, 3, 4), die in einer vorgegebenen Weise formschlüssig zusammengesetzt einen Hohlraum (5) für das Formteil bilden, in den über einen oder mehrere Zugangsöffnungen (6) fließfähiges Material einbringbar ist. Zumindest einer der Werkzeugblöcke (1, 2) nimmt einen dreh- oder verschiebbaren Einschub oder Einsatz (7, 8) auf, der mit einer Fläche an den Hohlraum (5) an-

grenzt und in unterschiedliche Positionen und/oder Orientierungen gegenüber dem Werkzeugblock (1, 2) fixierbar ist, so dass in den unterschiedlichen Positionen und/oder Orientierungen des Einschubs oder Einsatzes (7, 8) unterschiedliche Hohlraumgeometrien gebildet werden.

Das Werkzeug ermöglicht eine nachträgliche Änderung der Geometrie des Formteils, insbesondere des Anstellwinkels, ohne hierfür neue Werkzeugblöcke fertigen zu müssen.

FIG 3



EP 1 216 770 A2

Beschreibung

Technisches Anwendungsgebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Werkzeug zum Gießen eines Formteils für die Herstellung einer Turbinenschaufel, bei dem mehrere Werkzeugblöcke in einer vorgegebenen Weise formschlüssig zusammengesetzt einen Hohlraum für das Formteil bilden, in den über einen oder mehrere Zugangsöffnungen fließfähiges Material, insbesondere Wachs, einbringbar ist. Die Erfindung befasst sich weiterhin mit einem Verfahren zur Herstellung eines Formteils für eine Turbinenschaufel mit einem derartigen Werkzeug.

[0002] Bei der Entwicklung von Turbinenschaufeln sind in den verschiedenen Entwicklungsstufen, wie der Guss-, der Bearbeitungs- oder der Fertigungsentwicklung, zahlreiche Tests und Anpassungen vorzunehmen, die sich auch auf die ursprüngliche Werkzeugentwicklung auswirken können. Gerade Unterschiede zwischen den aerodynamischen Modellberechnungen und den späteren realen Eigenschaften des gefertigten Systems können es erforderlich machen, einen neuen Satz Werkzeuge zur Erstellung der Ausgangs-Formteile anzufertigen zu müssen.

[0003] Beim Herstellungs- und Entwicklungsprozess einer Turbinenschaufel wird zunächst die den Anforderungen gerechte Form der Turbinenschaufel als dreidimensionales Modell berechnet. Aus diesem Modell werden Spritzgusswerkzeuge hergestellt, die das Gießen eines Formteils mit der berechneten dreidimensionalen Form ermöglichen. Diese Spritzgusswerkzeuge setzen sich in der Regel aus mehreren Werkzeugblöcken zusammen, die in einer vorgegebenen Weise formschlüssig zusammengesetzt einen Hohlraum für das Formteil bilden. In den gebildeten Hohlraum wird über einen oder mehrere Zugangsöffnungen geschmolzenes Wachs unter hohem Druck eingespritzt. Das eingespritzte Wachs erhärtet nach seiner Abkühlung zu einem Formteil in der durch die Spritzgusswerkzeuge vorgegebenen Form. Anschließend werden die Werkzeugblöcke entfernt. Mit dem auf diese Weise bereitgestellten Formteil wird in bekannter Weise eine keramische Gussform für den späteren Präzisionsguss der Turbinenschaufel erzeugt.

[0004] Die Herstellung der Werkzeugblöcke für die Spritzgussform ist sehr aufwendig, da diese in der Regel aus Stahl hergestellt werden und die Form der späteren Turbinenschaufel bereits möglichst präzise festlegen sollen. Weiterhin muss der Formschluss zwischen den einzelnen Werkzeugblöcken eine ausreichende Dichtwirkung gegenüber dem unter hohen Druck eingespritzten Wachs erzielen.

[0005] Gerade die Dimensionierung und Herstellung der ersten Reihe von Eintrittsleitschaufeln der Turbine stellt sehr hohe Anforderungen, da durch diese erste Reihe der Strömungsverlauf des Heißgases sehr empfindlich beeinflusst wird. Eine minimale Abweichung des Anstellwinkels dieser Leitschaufeln von einem Idealwert

führt bereits zu einer deutlichen Druckerhöhung oder Druckerniedrigung in der Gasturbine, die sich erheblich auf den Wirkungsgrad auswirken kann. Im Falle einer derartigen unerwünschten Abweichung muss daher ein neues Formteil mit entsprechend geändertem Anstellwinkel erzeugt werden, wofür die Erstellung eines vollkommen neuen Spritzgusswerkzeuges erforderlich ist. Weiterhin sind während des gesamten Herstellungsprozesses mehrere zusätzliche Toleranzen zu berücksichtigen, die ebenfalls wesentlichen Einfluss auf den Strömungsverlauf des Heißgases nehmen können. Beispielfhaft seien hierbei Streuungen bei der Gussbearbeitung oder Abweichungen in Beschichtungsdicken genannt. Derartige Abweichungen sind bei der anfänglichen Dimensionierung des Formteiles noch nicht bekannt und können daher im nachhinein ebenfalls eine Änderung der Geometrie der Spritzgusswerkzeuge nach sich ziehen.

[0006] Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Werkzeug sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Formteils für eine Turbinenschaufel anzugeben, mit denen eine leichte Änderung der Anströmgeometrie bzw. des Anstellwinkels der Turbinenschaufel ohne völlige Neuherstellung des Spritzgusswerkzeuges bewältigt werden kann.

Darstellung der Erfindung

[0007] Die Aufgabe wird mit dem Werkzeug bzw. dem Verfahren der Patentansprüche 1 bzw. 9 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Werkzeuges und des Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0008] Das erfindungsgemäße Werkzeug zum Gießen eines Formteils für die Herstellung einer Turbinenschaufel setzt sich aus mehreren Werkzeugblöcken zusammen. Diese Werkzeugblöcke bilden, wenn sie in einer vorgegebenen Weise formschlüssig zusammengesetzt bzw. zusammengeschoben werden, einen Hohlraum für das Formteil, in den über einen oder mehrere dafür vorgesehene Zugangsöffnungen fließfähiges Material, wie beispielsweise geschmolzenes Wachs, einbringbar ist. Das vorliegende Werkzeug zeichnet sich dadurch aus, dass zumindest einer der Werkzeugblöcke einen dreh- oder verschiebbaren Einschub oder Einsatz aufnimmt, der mit einer Fläche an den Hohlraum angrenzt und in unterschiedlichen Positionen und/oder Orientierungen gegenüber dem Werkzeugblock fixierbar ist, so dass in den unterschiedlichen Positionen und/oder Orientierungen des Einschubs oder Einsatzes unterschiedliche Hohlraumgeometrien bzw. Hohlraumvolumina gebildet werden.

[0009] Der Einschub bzw. Einsatz besteht hierbei vorzugsweise aus dem gleichen Material wie die Werkzeugblöcke und ist in diese formschlüssig einfügbar. Durch die Möglichkeit, in den unterschiedlichen Positionen und/oder Orientierungen des Einschubs oder Einsatzes unterschiedliche Hohlraumgeometrien zu erzeugen, kann eine nachträgliche Anpassung der Geometrie

des Formteils durch erneutes Einbringen bzw. Einspritzen des flüssigen Materials in den Hohlraum bei entsprechend veränderter Position und/oder Orientierung des Einschubs vorgenommen werden. Eine Neuherstellung des gesamten Spritzgusswerkzeuges, d. h. der formenden Innenflächen der jeweiligen Werkzeugblöcke ist dadurch nicht mehr erforderlich. Selbstverständlich können ein oder mehrere Einschübe bzw. Einsätze in ein oder mehreren Werkzeugblöcken vorgesehen sein, die der Fachmann entsprechend der beabsichtigten Einstell- bzw. Verstellmöglichkeit anordnen kann. Die Einschübe werden dann vor dem Einfüllen des fließfähigen Materials in der gewünschten Position mit einem geeigneten Fixiermittel fixiert, so dass sie ihre Position und/oder Orientierung während des Einfüll- und Aushärtvorgangs des fließfähigen Materials nicht mehr ändern. Die Fixierung der ein oder mehreren Einschübe erfolgt vorzugsweise über Befestigungsstifte, die in entsprechend vorgesehene Ausnehmungen an den jeweiligen Werkzeugblöcken eingreifen. Die Befestigungsstifte werden durch entsprechende Öffnungen im Einschub eingeschoben. Die korrespondierenden Ausnehmungen an den Werkzeugblöcken sind je nach gewünschter Stufung der Verstellmöglichkeiten als entsprechend feines Lochmuster ausgebildet.

[0010] Vorzugsweise sind der oder die Einschübe so ausgestaltet, dass sie die Flächen des zu erstellenden Formteiles festlegen, die den Verlauf des Heißgaspfades der Turbinenschaufel bestimmen oder mitbestimmen. Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform betrifft hierbei die Anordnung von zwei Einschüben oder Einsätzen in gegenüberliegenden Werkzeugblöcken. Die Einschübe bzw. Einsätze sind hierbei derart ausgebildet, dass sie zusammengesetzt eine zylinderförmige Einschubeinheit zur Festlegung der Geometrie des Schaufelblattes bilden. Die aus den beiden Einschüben bzw. Einsätzen zusammengesetzte Einschubeinheit ist in den Werkzeugblöcken um ihre Längsachse drehbar und lässt sich in verschiedenen Drehpositionen fixieren. Durch unterschiedliche Drehpositionen dieser Einschubeinheit lassen sich unterschiedliche Anstellwinkel des Schaufelblattes realisieren.

[0011] Vorzugsweise sind Fixiermöglichkeiten in derartigen Abständen vorgesehen, dass der Anstellwinkel in Winkelschritten von 0,25 - 0,5° verändert werden kann. Auf diese Weise lässt sich sehr schnell, einfach und ohne die Neukonstruktion der Werkzeugblöcke ein Formteil mit geändertem Anstellwinkel erzeugen, falls sich bei der Weiterentwicklung herausstellt, dass der ursprünglich konzeptionierte Anstellwinkel aufgrund von Fertigungstoleranzen die Anforderungen an den Heißgaspfad nicht erfüllt.

[0012] Eine derartige Ausführungsform des Werkzeuges hat den weiteren Vorteil, dass damit auch Formteile für Turbinenschaufeln unterschiedlicher Anlagen hergestellt werden können, ohne jeweils ein separates Werkzeug bereitstellen zu müssen. Hierdurch können beispielsweise mit ein und demselben Werkzeug Turbinen-

schaufeln für Turbinenanlagen mit anderen Strömungsverhältnissen oder anderen Massenflüssen hergestellt werden, wie sie insbesondere bei mit unterschiedlichen Brennstofftypen betriebenen Gasturbinen auftreten.

[0013] Für eine Anpassung der Trennlinien im Werkzeug bei Änderung der Position und/oder Orientierung des Einschubs können Zwischenstücke vorhanden sein, die die Trennlinien verschieben und/oder ein eventuelles Spiel zwischen dem Einschub und dem Werkzeugblock oder zwischen den einzelnen Einschüben ausgleichen. Hierbei ist es auch denkbar, bereits entsprechende vorzugsweise keilförmige Zwischenräume zwischen den Einschüben vorzusehen, in die die entsprechenden Zwischenstücke nach der Positionierung der Einschübe einschiebbar sind.

[0014] In einer weiteren Ausgestaltungsmöglichkeit des vorliegenden Werkzeuges ist in einem Werkzeugblock, der im Wesentlichen der Formgebung der Schaufelplattform und des Schaufelfußes dient, ein entlang einer Achse verschiebbarer Einschub vorgesehen, durch dessen Verschiebeposition die Höhe der Schaufelplattform festgelegt wird. Die Verschiebeachse entspricht hierbei der z-Richtung, die beim Einsatz der späteren Turbinenschaufel mit der radialen Richtung übereinstimmt.

[0015] Bei der Herstellung des Formteils werden die einzelnen Werkzeugblöcke zusammengesetzt, vorzugsweise zusammengeschoben, der oder die Einschübe bzw. Einsätze in eine Position und/oder Orientierung gebracht, mit der die gewünschte Geometrie des Hohlraums bzw. des späteren Formteils erzeugt wird, und in dieser Position an den Werkzeugblöcken fixiert. Anschließend wird geschmolzenes Wachs unter hohem Druck in den so erzeugten Hohlraum eingespritzt und dort durch Erkalten verfestigt. Nach der Verfestigung werden die Werkzeugblöcke mit den zugehörigen Einschüben bzw. Einsätzen von dem erhärteten Wachs-Formteil getrennt. Durch die bereits beschriebenen Zwischenstücke wird eine Trennung der Einschübe von dem Formteil erleichtert.

[0016] Das Werkzeug sowie das zugehörige Verfahren zum Spritzgießen eines Formteils für die Herstellung einer Turbinenschaufel eignet sich insbesondere für die Einstellung des Anstellwinkels des Schaufelblattes der Turbinenschaufel oder für die Einstellung der Höhe der Schaufelplattform der Turbinenschaufel. Besondere Vorteile bietet das Werkzeug in Fällen, in denen eine höhere Zahl von Anpassung während der Entwicklung der Turbinenschaufel vorgenommen werden müssen. Je mehr Anpassungen erforderlich sind, desto mehr Vorteile bietet das vorliegende Verfahren, da nicht für jede Anpassung ein neues Spritzgusswerkzeug hergestellt werden muss. Die Anpassungen lassen sich vielmehr durch einfache Verstellung des Einschubs innerhalb des Werkzeuges realisieren.

[0017] Das Werkzeug bzw. das zugehörige Verfahren beziehen sich zwar in erster Linie auf die Herstellung von Formteilen aus Wachs. Dem Fachmann ist jedoch

offensichtlich, dass außer Wachs auch andere schmelzbare Materialien für die Herstellung des Formteils mit dem vorliegenden Werkzeug eingesetzt werden können. Weiterhin spielen die Materialien der Werkzeugblöcke keine für die Erfindung wesentliche Rolle, so dass dem Fachmann hierfür die entsprechend der jeweiligen Anwendung erforderlichen Materialien zur Verfügung stehen. Die äußere Ausgestaltung der einzelnen Werkzeugblöcke kann hierbei ebenfalls gemäß dem bekannten Stand der Technik vorgenommen werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0018] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Zeichnungen ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens nochmals kurz erläutert. Hierbei zeigen:

- Fig. 1 ein Beispiel für ein Spritzgießwerkzeug, das sich aus mehreren Werkzeugblöcken zusammensetzt;
- Fig. 2 schematisch den Aufbau einer Turbinenschaufel; und
- Fig. 3 ein Beispiel für die Ausgestaltung eines Einsatzes in einem Werkzeug gemäß der vorliegenden Erfindung.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0019] Figur 1 zeigt ein Beispiel für ein Spritzgießwerkzeug zur Herstellung von Formteilen für Turbinenschaufeln. Das Werkzeug besteht aus einer Grundplatte 15, auf der 4 Werkzeugblöcke 1 - 4 angeordnet sind. Grundplatte sowie Werkzeugblöcke bestehen aus einem Stahlmaterial. Die Werkzeugblöcke können in entsprechenden Führungen der Grundplatte 15 verschoben werden, wie dies aus der Figur ersichtlich ist. Die Innenflächen dieser Werkzeugblöcke 1 - 4 sind derart ausgeformt, dass sie nach dem Zusammensetzen einen Hohlraum bilden, der die Form für das zu fertigende Formteil vorgibt.

[0020] Die einzelnen Werkzeugblöcke werden in diesem Beispiel in den jeweiligen Führungen zusammengeschoben, so dass sie den Hohlraum formschlüssig nach außen abdichten. In der Grundplatte 15 ist in diesem Beispiel eine Wachseinspritzöffnung 6 vorgesehen, über die das eingespritzte flüssige Wachs über entsprechende gestrichelt angedeutete Kanäle in den Hohlraum 5 gelangt. Das Wachs wird hierbei unter hohem Druck eingespritzt und durch Erkalten in dem Hohlraum verfestigt. Anschließend werden die Werkzeugblöcke 1 - 4 von dem auf diese Weise entstandenen Wachsformteil getrennt. Diese Trennung geschieht über das Auseinanderziehen der einzelnen Werkzeugblöcke in den Führungen. Zu diesem Zweck sind im vorliegenden Beispiel entsprechende Griffe 16 an den

Werkzeugblöcken vorgesehen. Eine derartige Anordnung ist bereits aus dem Stand der Technik bekannt, kann jedoch auch für das Werkzeug der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden, wobei dann zumindest eine Begrenzungsfläche des durch die Werkzeugblöcke 1 - 4 gebildeten Hohlraums 5 durch eine Fläche eines in dieser Darstellung nicht sichtbaren Einsatzes bzw. Einsatzes gebildet wird.

[0021] Mit einem derartigen Werkzeug werden Formteile für Turbinenschaufeln gefertigt, wie sie beispielsweise aus Figur 2 ersichtlich sind. Diese Figur 2 zeigt die typischen Bestandteile einer Turbinenschaufel 10, das Schaufelblatt 11, ein Schaufelband 13 sowie eine Plattform 12. Für die Herstellung eines derart aufgebauten Formteils sind die Innenflächen der Werkzeugblöcke 1 und 2 der Figur 1 zur Festlegung der Saug- und Druckseite des Schaufelblattes 11, der Werkzeugblock 3 zur Festlegung der Form der Schaufelplattform 12 sowie der Werkzeugblock 4 zur Festlegung der Form des Schaufelbandes 13 ausgestaltet.

[0022] Bei fest vorliegender Geometrie der Innenflächen dieser Werkzeugblöcke 1 - 4 besteht keinerlei Möglichkeit einer nachträglichen Anpassung der Geometrie beispielsweise zur Erzeugung eines anderen Anstellwinkels des Schaufelblattes. Eine derartige Einstellmöglichkeit wird mit dem erfindungsgemäßen Werkzeug realisiert, das in einer möglichen Ausgestaltungsvariante in Figur 3 dargestellt ist. Figur 3 zeigt hierbei lediglich einen Teil des Werkzeuges mit den Werkzeugblöcken 1 und 2 zur Festlegung des Schaufelblattes 11. Die weiteren Werkzeugblöcke 3 und 4 entsprechend der Figur 1 sind ausgestaltet, wie dies aus dem Stand der Technik bekannt ist.

[0023] Im Unterschied zu den bekannten Werkzeugen des Standes der Technik für die Herstellung von Formteilen für Turbinenschaufeln weist das vorliegende Werkzeug in diesem Beispiel zwei Werkzeugblöcke 1 und 2 auf, die jeweils einen Einschub 7 bzw. 8 formschlüssig aufnehmen. Zu diesem Zweck sind die Innenflächen der beiden Werkzeugblöcke 1 und 2 entsprechend ausgeformt. Beim Zusammensetzen der beiden Werkzeugblöcke mit ihren Einschüben bzw. Einsätzen 7 und 8 wird eine zylinderförmige Einschiebeinheit 9 gebildet, die innerhalb der Werkzeugblöcke 1, 2 um ihre Längsachse drehbar ist, wie dies in der Figur 3 mit dem Pfeil angedeutet ist. Die beiden Einschübe 7 und 8 bilden hierbei in Zusammenwirkung die geometrische Form für das Schaufelblatt 11, d. h. ihre den Hohlraum 5 begrenzenden Flächen sind entsprechend der Druck- und Saugseite des Schaufelblattes ausgeformt.

[0024] Durch die Drehbarkeit der Einschiebeinheit 9 lassen sich beliebige Anstellwinkel des Schaufelblattes 11 gegenüber der Plattform 12 bzw. dem Schaufelband 13 erzeugen. Die Einschiebeinheit 9 wird über in der Figur nicht dargestellte Befestigungsstifte gegenüber den Werkzeugblöcken 1 und 2 in der entsprechend gewünschten Position fixiert. Die Werkzeugblöcke 1 und 2 weisen zu diesem Zweck ein entsprechend s Loch-

raster für verschiedene Einstellungen auf.

[0025] Bei diesem Ausführungsbeispiel wird weiterhin ein im Wesentlichen keilförmiger Hohlraum zwischen den beiden Einschüben 7, 8 am Übergang zu den Werkzeugblöcken 1, 2 vorgesehen, in dem austauschbare Zwischenstücke 16 eingesetzt werden. Diese Zwischenstücke 14 erleichtern die Demontage der einzelnen Werkzeugblöcke nach der Erhärtung des eingespritzten Materials.

[0026] Das Werkzeug wird in einer bevorzugten Ausführungsform so ausgestaltet, dass sich der Anstellwinkel, d. h. die Einschiebeinheit 9, in Schritten von etwa 0,25 - 0,5° um einen Maximalwinkel von etwa 2 - 3° drehen und fixieren lässt. Dies reicht für die Entwicklung einer Turbinenschaufel unter Berücksichtigung möglicher späterer Anpassungsänderungen aus.

[0027] In gleicher Weise kann ein entsprechender Einschub, diesmal in Richtung der Blöcke 1 und 2 verschiebbar ausgestaltet, im Werkzeugblock 3 vorgesehen sein, um die Höhe der Plattform 12 des Formteils einstellen zu können. Selbstverständlich sind auch andere Flächen des Formteils auf diese Weise veränderbar bzw. einstellbar, wenn ein entsprechend beweglicher Einschub vorgesehen wird.

Bezugszeichenliste

[0028]

- | | |
|----|---|
| 1 | Werkzeugblock für die Druckseite |
| 2 | Werkzeugblock für die Saugseite |
| 3 | Werkzeugblock für die Schaufelplattform |
| 4 | Werkzeugblock für das Schaufelband |
| 5 | Hohlraum |
| 6 | Zugangsöffnungen |
| 7 | Einschub oder Einsatz |
| 8 | Einschub oder Einsatz |
| 9 | zusammengesetzte Einschiebeinheit |
| 10 | Turbinenschaufel |
| 11 | Schaufelblatt |
| 12 | Schaufelplattform |
| 13 | Schaufelband |
| 14 | Zwischenstücke |
| 15 | Grundplatte |
| 16 | Handgriff |

Patentansprüche

1. Werkzeug zum Gießen eines Formteils für die Herstellung einer Turbinenschaufel, mit mehreren Werkzeugblöcken (1, 2, 3, 4), die in einer vorgegebenen Weise formschlüssig zusammengesetzt einen Hohlraum (5) für das Formteil bilden, in den über einen oder mehrere Zugangsöffnungen (6) fließfähiges Material einbringbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest einer der Werkzeugblöcke (1, 2) ei-

nen dreh- oder verschiebbaren Einschub oder Einsatz (7, 8) aufnimmt, der mit einer Fläche an den Hohlraum (5) angrenzt und in unterschiedlichen Positionen und/oder Orientierungen gegenüber dem zumindest einen Werkzeugblock (1, 2) fixierbar ist, so dass in den unterschiedlichen Positionen und/oder Orientierungen des Einschubs oder Einsatzes (7, 8) unterschiedliche Hohlraumgeometrien gebildet werden.

2. Werkzeug nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, dass der Einschub oder Einsatz (7, 8) die Heißgasgeometrie des Schaufelblattes (11) der Turbinenschaufel (10) bestimmt oder mitbestimmt.
3. Werkzeug nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest zwei Einschübe oder Einsätze (7, 8) in gegenüberliegenden Werkzeugblöcken (1, 2) derart ausgebildet sind, dass sie zusammengesetzt eine zylinderförmige Einschiebeinheit (9) zur Festlegung der Geometrie des Schaufelblattes (11) bilden, die zur Einstellung des Anstellwinkels des Schaufelblattes (11) um ihre Längsachse in den Werkzeugblöcken (1, 2) drehbar und in verschiedenen Drehpositionen fixierbar ist.
4. Werkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der drehbare Einschub oder Einsatz (7, 8) in Drehpositionen fixierbar ist, die sich jeweils um 0,25 bis 0,5° unterscheiden.
5. Werkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der oder ein weiterer Einschub oder Einsatz in einem Werkzeugblock (3), der die Geometrie der Schaufelplattform (12) festlegt, derart entlang einer Achse verschiebbar angeordnet ist, dass in unterschiedlichen Verschiebepositionen unterschiedliche Höhen der Schaufelplattform (12) erzeugt werden.
6. Werkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass Zwischenstücke (14) vorgesehen sind, die in zwischen dem Einschub oder Einsatz (7, 8) und den Werkzeugblöcken (1, 2) und/oder zwischen mehreren Einschüben oder Einsätzen (7, 8) auftretende Zwischenräume einschiebbar sind.
7. Werkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest ein Einschub oder Einsatz (7, 8) in den unterschiedlichen Positionen und/oder Orientierungen über Befestigungsstift gegenüber dem Werkzeugblock (1, 2) fixierbar ist, die in ent-

sprechende Ausnahmen im Werkzeugblock (1, 2) eingreifen.

8. Werkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, 5
dass die Werkzeugblöcke (1, 2, 3, 4) einen Werkzeugblock (1) für die Druckseite des Schaufelblattes (11), einen Werkzeugblock (2) für die Saugseite des Schaufelblattes (11), einen Werkzeugblock (3) für die Schaufelplattform (12) sowie einen Werkzeugblock (4) für das Schaufelband (13) der Turbinenschaufel (10) umfassen, die auf einer Grundplatte (15) angeordnet sind. 10

9. Verfahren zur Herstellung eines Formteils für eine Turbinenschaufel, bei dem mehrere Werkzeugblöcke (1, 2, 3, 4) zur Bildung eines Hohlraums (5), der die Form der Turbinenschaufel vorgibt, formschlüssig zusammengesetzt werden, flüssiges Material, insbesondere Wachs, in den Hohlraum (5) eingebracht und in dem Hohlraum (5) ausgehärtet wird und die Werkzeugblöcke (1, 2, 3, 4) anschließend entfernt werden, 15
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest ein Werkzeugblock (1, 2) eingesetzt wird, der einen dreh- oder verschiebbaren Einschub oder Einsatz (7, 8) aufnimmt, der mit einer Fläche an den Hohlraum (5) angrenzt, wobei der Einschub oder Einsatz (7, 8) vor dem Einbringen des flüssigen Materials in einer Position und/oder Orientierung gegenüber dem zumindest einen Werkzeugblock (1, 2) fixiert wird, um mit der gewählten Position und/oder Orientierung die Form des Hohlraums (5) einzustellen. 20
25
30
35

10. Verfahren nach Anspruch 9
dadurch gekennzeichnet,
dass der Einschub oder Einsatz (7, 8) in der gewählten Position und/oder Orientierung über Befestigungsstifte gegenüber dem Werkzeugblock (1, 2) fixiert wird. 40

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass vor dem Einbringen des flüssigen Materials Zwischenstücke (14) in zwischen dem Einschub oder Einsatz (7, 8) und den Werkzeugblöcken (1, 2) und/oder zwischen mehreren Einschüben oder Einsätzen (7, 8) auftretende Zwischenräume eingeschoben werden. 45
50

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11 zur Einstellung des Anstellwinkels des Schaufelblattes (11) der Turbinenschaufel (10) am Formteil. 55

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11 zur Einstellung der Höhe der Schaufelplattform (12) der Turbinenschaufel (10) am Formteil.

FIG 1

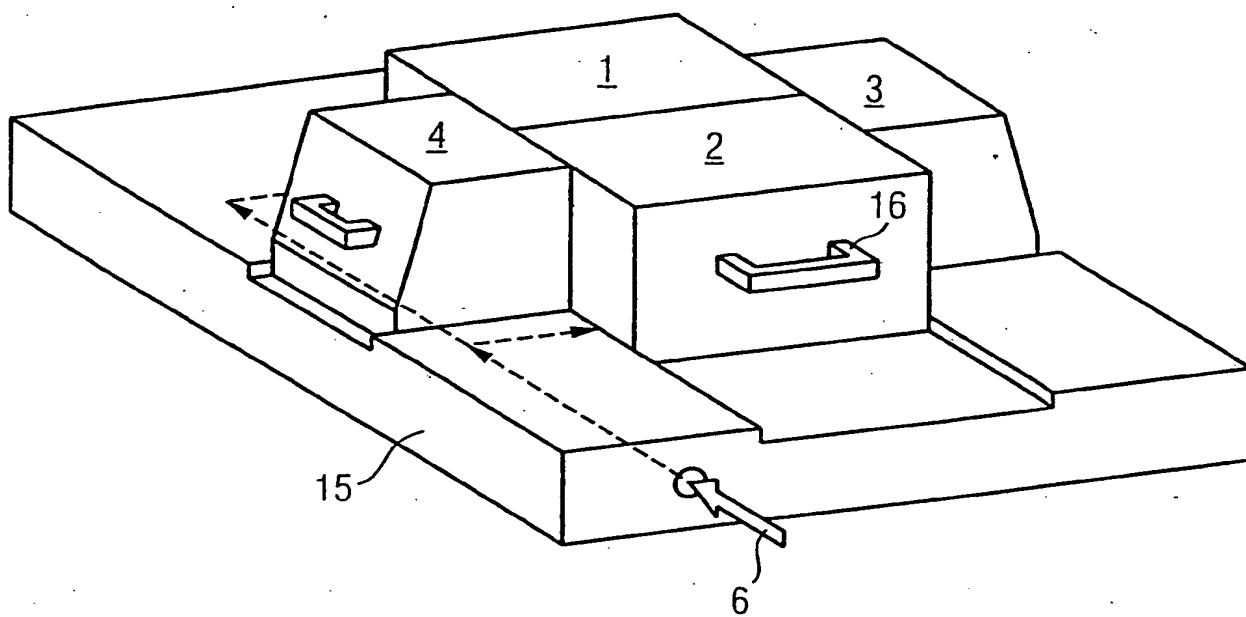


FIG 2

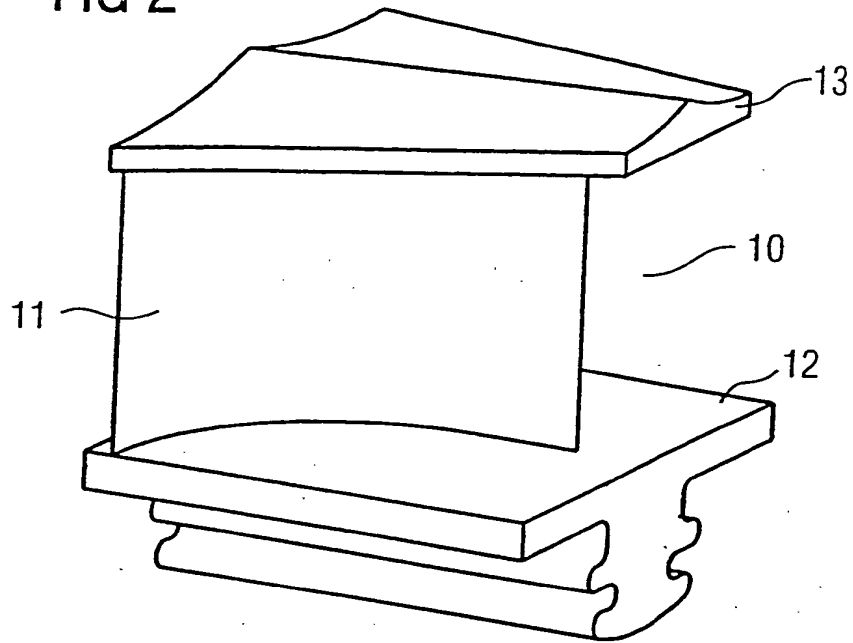


FIG 3

